

DIALOG(R) File 351:Derwent WPI
(c) 2001 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

009159036 **Image available**

WPI Acc No: 1992-286474/199235

Related WPI Acc No: 1997-344015

XRPX Acc No: N92-219273

**Fine pattern imaging esp. in manufacture of semiconductor device - using
light source e.g. lamp or laser having decreased intensity portions at
centre for illuminating pattern**

Patent Assignee: CANON KK (CANO)

Inventor: NOGUCHI M; SUZUKI A

Number of Countries: 020 Number of Patents: 018

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
EP 500393	A2	19920826	EP 92301476	A	19920221	199235 B
JP 4267515	A	19920924	JP 9128631	A	19910222	199245
CA 2061499	A	19920823	CA 2061499	A	19920219	199246
JP 4329623	A	19921118	JP 91128446	A	19910430	199301
EP 500393	A3	19930127	EP 92301476	A	19920221	199347
US 5305054	A	19940419	US 92836509	A	19920218	199415
JP 2633091	B2	19970723	JP 9128631	A	19910222	199734
JP 9186081	A	19970715	JP 91128446	A	19910430	199738
			JP 96355386	A	19910430	
JP 9190974	A	19970722	JP 91128446	A	19910430	199739
			JP 96355387	A	19910430	
JP 9190975	A	19970722	JP 91128446	A	19910430	199739
			JP 96355388	A	19910430	
<i>con</i> <u>US 5673102</u>	A	19970930	US 92836509	A	19920218	199745
			US 9365498	A	19930524	
			US 93159954	A	19931201	
			US 94270414	A	19940705	
			US 94357786	A	19941216	
			US 95427709	A	19950424	
			US 95470482	A	19950606	
EP 500393	B1	19971105	EP 92301476	A	19920221	199749
			EP 97200014	A	19920221	
DE 69222963	E	19971211	DE 622963	A	19920221	199804
			EP 92301476	A	19920221	
CA 2061499	C	19980203	CA 2061499	A	19920219	199816
KR 9606684	B1	19960522	KR 922719	A	19920222	199918
KR 9606686	B1	19960522	KR 922719	A	19920222	199918
			KR 9568550	A	19951230	
US 6084655	A	20000704	US 92836509	A	19920218	200036
			US 9365498	A	19930524	
			US 93159954	A	19931201	
			US 94270414	A	19940705	
			US 94357786	A	19941216	
			US 95427709	A	19950424	
			US 95470482	A	19950606	
			US 97857593	A	19970516	
US 6128068	A	20001003	US 92836509	A	19920218	200050
			US 9365498	A	19930524	
			US 93159954	A	19931201	
			US 94270414	A	19940705	
			US 94357786	A	19941216	
			US 95427709	A	19950424	
			US 95467149	A	19950606	

Priority Applications (No Type Date): JP 91128446 A 19910430; JP 9128631 A 19910222; JP 96355386 A 19910430; JP 96355387 A 19910430; JP 96355388 A 19910430

Cited Patents: No-SR.Pub; DE 2835363; DE 3933308; EP 293643; EP 346844; EP 437376; US 3887816

Patent Details:

Patent No Kind Lan Pg Main IPC Filing Notes

EP 500393 A2 E 41 G03B-027/53

Designated States (Regional): AT BE CH DE DK ES FR GB GR IT LI LU MC NL
PT SE

JP 4267515	A	14	H01L-021/027	
CA 2061499	A		H01L-021/027	
JP 4329623	A	10	H01L-021/027	
EP 500393	A3		G03B-027/53	
US 5305054	A	37	G03B-027/42	
JP 2633091	B2	16	H01L-021/027	Previous Publ. patent JP 4267515
JP 9186081	A	9	H01L-021/027	Div ex application JP 91128446
JP 9190974	A	9	H01L-021/027	Div ex application JP 91128446
JP 9190975	A	7	H01L-021/027	Div ex application JP 91128446
US 5673102	A	36	G03B-027/42	Div ex application US 92836509
				Cont of application US 9365498
				Cont of application US 93159954
				Cont of application US 94270414
				Cont of application US 94357786
				Div ex application US 95427709
				Div ex patent US 5305054
EP 500393	B1 E	46	G03B-027/53	Related to application EP 97200014
				Related to patent EP 783135

Designated States (Regional): AT BE CH DE DK ES FR GB GR IT LI LU MC NL
PT SE

DE 69222963	E		G03B-027/53	Based on patent EP 500393
CA 2061499	C		H01L-021/027	
KR 9606684	B1		H01L-021/027	
KR 9606686	B1		H01L-021/027	Div ex application KR 922719
US 6084655	A		G03B-027/42	Div ex application US 92836509
				Cont of application US 9365498
				Cont of application US 93159954
				Cont of application US 94270414
				Cont of application US 94357786
				Div ex application US 95427709
				Div ex application US 95470482
				Div ex patent US 5305054
				Div ex patent US 5673102
US 6128068	A		G03B-027/42	Div ex application US 92836509
				Cont of application US 9365498
				Cont of application US 93159954
				Cont of application US 94270414
				Cont of application US 94357786
				Div ex application US 95427709
				Div ex patent US 5305054

Abstract (Basic): EP 500393 A

A fine pattern having linear features extending along two orthogonal directions, is imaged. The method provides a light source e.g. lamp or laser having decreased intensity portions at a centre and on two axes defined to intersect with each other at the centre and defined along the two directions respectively.

The pattern is illuminated with a light from the light source. The intensity at each decreased intensity portion is decreased to about zero.

ADVANTAGE - Unique, improved method capable of forming on a workpiece a fine pattern with a linewidth of 0.5 micron or less.

Dwg. 6A/22

Abstract (Equivalent): EP 500393 B

A method of forming an image of a fine pattern having linear features extending in orthogonal first and second directions, the method comprising the steps of illuminating the pattern (30) with light from a light source (11-19), the light source having an intensity distribution such that the portions at a centre thereof and on first and second axes defined to intersect with each other at the centre and defined along the first and second directions respectively is decreased in comparison with portions of the light source other than the centre portion and the portions along the first and second axes, wherein the light source comprises four sections (2a, 2b, 2c, 2d) having substantially the same light intensity and being distributed in four quadrants

defined by the centre and the first and second axes, wherein an image of the light source is projected onto a pupil (1) of a projection optical system (7) and wherein on the assumption of a coordinate system defined by X and Y axes extending along the first and second directions and intersecting at a centre of the pupil, and that the radius of the pupil is 1, coordinates of the effective centres of intensity of the four sections are (p,p), (-p,p) (-p,-p) and (p,-p) wherein $0.25 < p < 0.6$.

Dwg.1/22

Abstract (Equivalent): US 5673102 A

An exposure apparatus for forming an image of a fine pattern having linear features extending in orthogonal first and second directions, said apparatus comprising:

an illumination optical system for illuminating the pattern, said illumination optical system comprising means for forming a secondary light source having decreased intensity portions at a center thereof and on first and second axes defined to intersect with each other at the center and defined along the first and second directions, respectively; and

a projection optical system for projecting, on an image plane, an image of the pattern illuminated with light from said secondary light source, wherein said light source comprises four sections having substantially the same light intensity and being distributed in four quadrants defined by the center and the first and second axes,

wherein an image of said light source is projected onto a pupil of said projection optical system, and wherein, on the assumption of a coordinate system defined by X and Y axes extending along the first and second directions and intersecting at a center of the pupil, and that a radius of the pupil is 1, coordinates of centers of the four sections are (p, p), (-p, p), (-p, -p) and (p, -p), wherein 0.25 less than p less than 0.6.

Dwg.6a/22

US 5305054 A

The method comprises providing a light source having decreased intensity portions at a centre and on first and second axes defined to intersect with each other at the centre, and defined along the first and second directions, respectively. The method then comprises illuminating the pattern with light from the light source.

The intensity at each decreased intensity portion can be decreased to about zero. The light source may comprise four sections having substantially the same light intensity and being distributed in four quadrants defined by the centre and the first and second axes.

USE - Imaging method for imaging a fine pattern having linear features extending along orthogonal first and second directions.

Dwg.3/25

Title Terms: FINE; PATTERN; IMAGE; MANUFACTURE; SEMICONDUCTOR; DEVICE; LIGHT; SOURCE; LAMP; LASER; DECREASE; INTENSITY; PORTION; CENTRE; ILLUMINATE; PATTERN

Index Terms/Additional Words: INTEGRATION

Derwent Class: P82; P84; U11

International Patent Class (Main): G03B-027/42; G03B-027/53; H01L-021/027

International Patent Class (Additional): G03F-007/20; H01L-021/266

File Segment: EPI; EngPI

Manual Codes (EPI/S-X): U11-C04E1

✓ DIALOG(R) File 347:JAPIO
(c) 2001 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

03902415 **Image available**

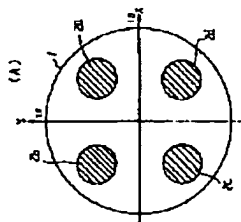
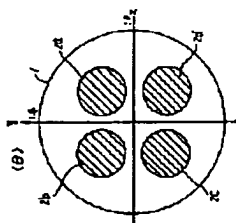
IMAGE PROJECTION METHOD AND MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR DEVICE BY SAID METHOD

PUB. NO.: 04-267515 **JP 4267515** A]
PUBLISHED: September 24, 1992 (19920924)
INVENTOR(s): SUZUKI AKIYOSHI
NOGUCHI MIYOKO
APPLICANT(s): CANON INC [000100] (A Japanese Company or Corporation), JP
(Japan)
APPL. NO.: 03-028631 [JP 9128631]
FILED: February 22, 1991 (19910222)
INTL CLASS: [5] H01L-021/027; G03F-007/20
JAPIO CLASS: 42.2 (ELECTRONICS -- Solid State Components); 29.1 (PRECISION INSTRUMENTS -- Photography & Cinematography)
JAPIO KEYWORD: R002 (LASERS)
JOURNAL: Section: E, Section No. 1316, Vol. 17, No. 61, Pg. 7,
February 05, 1993 (19930205)

ABSTRACT

PURPOSE: To make vivid image of fine pattern such as integrated circuit pattern by a simple step.

CONSTITUTION: When a fine pattern mainly comprising longitudinal and lateral patterns is irradiated to project the images thereof, an effective light source in higher photointensity than that on a pair of axles extending in the directions of said patterns from the pupil center and respective parts in the pupil center is formed on the pupil of this projection optical system while the zero order diffraction beams emitted from the fine patterns and one out of the positive and negative linear diffraction beams only is entered into the positions excluding the pupil center so that the fine patterns may be formed on the image surface of the projection optical system by these diffraction means.



(19) 日本国特許庁

特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開平4-267515

(43) 公開日 平成4年(1992)9月24日

技術表示箇所

(51) Int. Cl.⁶
H01L 21/027
G03F 7/20

識別記号
521

7818-2H
7352-4M
7352-4M

311 S
311 L

1/30

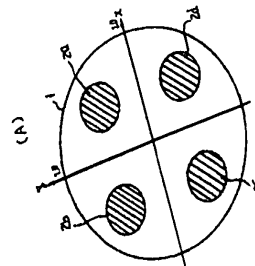
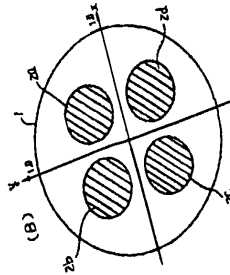
請求項の数8(全14)

(21) 出願番号 特願平3-28631
(22) 出願日 平成3年(1991)2月22日

(71) 出願人 00001001
キヤノン株式会社
東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(72) 発明者 鈴木 章義
神奈川県川崎市中原区今井上町53番地
ノン株式会社小杉事業所内
(72) 発明者 野口 美代子
神奈川県川崎市中原区今井上町53番地
ノン株式会社小杉事業所内
(74) 代理人 弁理士 丸島 健一

(54) 【発明の名称】 像投影方法及び該方法を用いた半導体デバイスの製造方法

(57) 【要約】
【目的】 集積回路パターンの如き微細パターンの鮮明な像を簡単な手法により得ること。
【構成】 主として縦横パターンより成る微細パターンを照明し、その像を投影する際、この投影光学系の瞳に瞳中心から縦横パターンの方向に延びる一対の軸上及び瞳中心の各部分よりも他の部分の光強度が大きい有効光源を形成し、微細パターンで生じる回折光の内の0次回折光及び正負の1次回折光の一方のみを瞳の中心以外の場所に入射させ、これらの回折光により投影光学系の像面に微細パターン像を形成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】

主として縦横パターンで構成された微細パターンを照明し、該微細パターンで生じた回折光を投影光学系の瞳に入射させて該微細パターンの像を投影する方法において、前記瞳の中心及び該瞳中心を通り縦横パターンの方向へ延びる一対の軸上の各部分の光強度が大きい光量分布を備える前記

【請求項2】

前記光量分布が、前記一対の軸とほぼ45°を成す方向に延び、或はほぼ等しい軸中心に関して対称な場所とすることを特徴とする請求項1の像投影方法。

【請求項3】 前記光量分布が、前記瞳中心を通り前記第1軸とほぼ90°を成す方向に延びる第2軸に沿った前記軸中心に関して対称な場所に互いの強度がほぼ等しい一対のピークを有することを特徴とする請求項2の像投影方法。

【請求項4】 前記有効光源が互いに分離した第1及び第2分を備え、該第1部分が前記ピークの一方を、該第2分が前記ピークの他方を有することを特徴とする請求項3の像投影方法。

【請求項5】 前記第1及び第2部分は互いにほぼ円形の互い違いが等しい光パターンより成り、前記瞳の半径を1、前記第1及び第2部分の半径をqとし、前記一対の軸をX'座標軸として前記瞳中心を該X'Y座標の原点にとり、前記第1及び第2部分の中心位置の座標を大々(p, p)、(-p, -p)とした時、以下の条件を満たすことを特徴とする請求項4の像投影方法。

$$0.25 < p < 0.6$$

$$0.15 < q < 0.3$$

【請求項6】 前記瞳中心及び該瞳中心を通り縦横パターンの方向へ延びる一対の軸上の各部分の光強度がほぼゼロに設定されることを特徴とする請求項1の像投影方法。

【請求項7】 主として縦横パターンで構成された回路パターンを照明し、該回路パターンで生じた回折光を投影光学系の瞳に入射させて該回路パターンの像をウエハー上に投影し、該ウエハーに該回路パターン像を転写することにより半導体デバイスを製造する方法において、前記瞳の中心及び該瞳中心を通り縦横パターンの方向へ延びる一対の軸上の各部分よりも他の部分の光強度が大きい光量分布を備える有効光源を形成することを特徴とする半導体デバイス製造方法。

【請求項8】 前記瞳中心及び該瞳中心を通り縦横パターンの方向へ延びる一対の軸上の各部分の光強度がほぼゼロに設定されることを特徴とする請求項7の半導体デバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

本発明は像投影方法及び該方法を半導体デバイスの製造方法に関し、特0.5μm回路パターンをウエハーに形成する際に好ましい像投影方法に関する。

【従来の技術】半導体デバイスの高集積化は益々加速を増しており、それに伴って微細加工技術の進展も著しいものがある。特にその中心をなす光加工技術は1MD RAMを境にサブミクロンの領域に踏み込んでいく。そして、光加工用装置の代表的なものが所謂ステッパーと呼ばれる縮小投影露光装置であり、この装置の解像力の向上が半導体デバイスの将来を担っていると言っても過言ではない。

【0003】従来、この装置の解像力を向上させるために用いられてきた手法は、主として光学系（縮小投影レンズ系）のNAを大きくしていく手法であった。しかしながら光学系の焦点深度はNAの2乗に反比例する為、NAを大きくすると焦点深度が小さくなるといった問題が生じる。従って、最近では、露光波長をg線から1線或は波長300nm以下のエシメラーザー光に変えようという試みが行われている。これは、光学系の焦点深度と解像力が波長に反比例して改善されるという効果を狙ったものである。

【0004】一方、露光波長の短波長化の流れの他に解像力を向上させる手段として登場してきたのが位相シフトマスクを用いる方法である。この方法は、マスクの光透過部の一部分に他の部分に対して180度の位相シフトを与える薄膜を形成するやり方である。ステッパーの解像力RPは、 $RP = k_1 \lambda / NA$ なる式で表わすことができ、通常のステッパーは、 k_1 ファクターの値が0.7～0.8である。ところが、この位相シフトマスクを使用する方法であれば、理論的には、 k_1 ファクターの値を0.35位にできる。

【0005】【発明が解決しようとする課題】しかしながら、この位相シフトマスクを実現させるためには未だ多くの問題点が残っている。現状で問題となっているのは以下の諸点である。

【0006】1. 位相シフト膜を形成する薄膜形成技術が未確立。

【0007】2. 位相シフト膜付回路パターン設計のCADの開発が未確立。

【0008】3. 位相シフト膜を付与できないパターンの存在。

【0009】4. 位相シフト膜の検査、修正技術が未確立このように実際に位相シフトマスクを実現するためには様々な障害があり、実現までに多大な時間が掛かることが予想される。

【0010】従って、未解決の問題が多い位相シフトマスクに代わり、位相シフトマスクを使用する場合と同様

の高い解像力が得られる微細パターン像の投影方法を見つける必要があった。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記課題を達成する為に、回路パターンの微細化に伴い回路パターンが主に縦横パターンにより構成されることに着目し、縮小投影レンズ系等の像投影用光学系の露面に形成する有効光源の形態を工夫したものである。従って、本発明に基づいて半導体デバイスを製造する場合には、ステッパ

本体側の改良により位相シフトマスクを使用する場合と同等の解像力を達成することができる。

【0012】例えば本発明の像投影方法は、主として縦横パターンで構成された微細パターンを照明し、該微細パターンで生じた回折光を投影光学系の露に入射させて該微細パターンの像を投影する方法において、前記露の中心及び該露中心を通り前記縦横パターンの方向へ延びる一対の軸上の各部分よりも他の部分の光強度が大きい光量分布を備える有効光源を形成することを特徴としている。

【0013】又、例えば本発明の半導体デバイス製造方法は、主として縦横パターンで構成された回路パターンを照明し、該回路パターンで生じた回折光を投影光学系の露に入射させて該回路パターンの像をウエハ上に投影し、該ウエハに該回路パターン像を転写することにより半導体デバイスを製造する方法において、前記露の中心及び該露中心を通り前記縦横パターンの方向へ延びる一対の軸上の各部分よりも他の部分の光強度が大きい光量分布を備える有効光源を形成することを特徴としている。

【0014】又、本発明の好ましい形態では、前記露中心及び該露中心を通り前記縦横パターンの方向へ延びる一対の軸上の各部分の光強度がほぼゼロに設定される。

【0015】

【実施例】本発明の思想を理解し易くする為に、まず、微細パターンの結像に関して詳しく説明を行う。

【0016】第1図は高周波数（ピッチ2dが数 μm 程度）を持つ微細パターン6の像を投影レンズ系7により投影する様子を示す。その表面に垂直な方向から照明された微細パターン6は、それに入射する光束を回折する。この時生じる回折光は、入射光束の進行方向と同じ方向へ向けられる0次回折光、入射光束とは異なる方向へ向けられる例えば ± 1 次以上の高次回折光である。これらの回折光の内特定次数例えば0次及び ± 1 次回折光が、投影レンズ系7の露1に入射し、露1を介して投影レンズ系7の像面に向けられ、この像面に微細パターン6の像を形成することになる。この種の結像において像のコントラストに寄与する光成分は高次の回折光である。この為、微細パターンの周波数が大きくなるにつれ、高次回折光を光学系で捕らえることができなくなり、像のコントラストが低下する。そして、最終的には

結像そのものが不可能になる。

【0017】第2図(A)、(B)に、夫々、第1図の微細パターン6を従来型のマスクに形成した場合の露1における光分布、第1図の微細パターン6を位相シフトマスクに形成した場合の露1における光分布、を示す。

【0018】第2図(A)においては、0次回折光3aの回りに $+1$ 次回折光3b、 -1 次回折光3cが生じているが、第2図(B)においては、位相シフト膜の効果により0次回折光5aが消失し、 ± 1 次回折光5b、5cのみが生じている。第2図(A)、(B)の比較から、位相シフトマスクの、空間周波数面即ち露面における効果として下記の2点が挙げられる。

【0019】1. 位相シフトマスクでは周波数が $1/2$ に低減されている。

2. 位相シフトマスクでは0次回折光が存在しない。

【0020】又、他の注目すべき点は、位相シフトマスク場合の ± 1 次回折光の露面での間隔aが、従来型のマスクの場合の0次光と ± 1 次回折光の夫々との間隔aと合致することである。一方、露1での光分布は、従来型のマスクと位相シフトマスクとで、位置的には一致する。両者の間で異なっているのは、露1における振幅分布の強度比であり、第2図(B)で示される位相シフトマスクの場合0次、 $+1$ 次、 -1 次回折光の振幅比が $0:1:1$ であるのに対して、第2図(A)で示される従来型マスクの場合には0次、 $+1$ 次、 -1 次回折光の振幅比が $1:2/\pi:2/\pi$ になっている。

【0021】本発明は、位相シフト膜を使用せずに、露1に、位相シフトマスクと類似の光分布を発生させる。本発明では、微細パターン6、特に従来技術の項で述べたk1ファクターが0.5付近の空間周波数を持つ微細パターン、を照明した際、0次回折光が露1の中心から外れた位置に入射し他の高次回折光も露1の中心から外れた他の位置に入射するように、前記露の中心を通り前記縦横パターンの方向へ延びる一対の軸上及び前記露の中心の各部分よりも他の部分の光強度が大きい光量分布を備える有効光源、好ましくは前記露の中心を通り前記縦横パターンの方向へ延びる一対の軸上及び前記露の中心の各部分の光強度がほぼゼロである有効光源、を形成する。

【0022】このような有効光源を形成し、例えばk1ファクターが0.5程度の微細パターンを照明した時生じる0次回折光と1次回折光の内、0次回折光と正負の1次回折光の内一方を露1に入射させ、正負の1次回折光の内他方を露1に入射させないことによって、露1での光分布を位相シフトマスクの場合と似た形にすることが可能になる。この為、微細パターンを照明する照明法/照明系を工夫するだけで位相シフトマスクを使用した場合と同様の効果を得ることができ、実現化が容易である。

【0023】本発明では、単一光束による照明を行う

と、瞳1における一対の回折光の振幅比が $1:2/\pi$ となり、位相シフトマスクを使用した場合に近い、より好ましい振幅比 $1:1$ にはならない。しかしながら、本件発明者の解析により、この振幅比の違いは、例えば、マスクの縦パターンを解像する場合には、マスク（微細パターン）へ斜入射させる光を、瞳の縦軸（瞳の中心を通り縦パターンの方向に伸びる軸）に対して対称となる一対の光パターンができるようにベアの光でマスクを照明し、マスクの横パターンを解像する場合には、マスク（微細パターン）へ斜入射させる光を、瞳の横軸（瞳の中心を通り横パターンの方向に伸びる、前記瞳の縦軸に垂直な軸）に対して対称となる一対の光パターンができるようにベアの光でマスクを照明することにより、実質的に補償できることが判明した。従って、有効光源の瞳での光量分布が、瞳中心を通り xy 軸とほぼ 45° を成す方向に延びる第1軸に沿った、瞳中心に関して対称な場所に互いの強度がほぼ等しい一対のピークをピークを有するように、例えば2個の照明光束により照明を行なう。又、有効光源の瞳での光量分布が、瞳中心を通り xy 軸とほぼ 45° を成す方向に延びる第1軸に沿った瞳中心に関して対称な場所に、互いの強度がほぼ等しい一対の部分（部分）を有し、且つ、瞳中心を通り前記第1軸とほぼ 90° をなす方向に延びる第2軸に沿った、瞳中心に関して対称な場所であって第1軸上の一対の部分と瞳中心に対してほぼ同じ位置に、互いの強度がほぼ等しい他の一対の部分（部分）を有するように、例えば4個の照明光束により照明を行う。

【0024】本発明の第1実施例として、第1図の瞳1での0次回折光の光分布、所謂瞳面上の有効光源の分布を第3図（A）、（B）の夫々に示す。

【0025】図中、1が瞳、 x が瞳の横軸（瞳の中心を通り横パターンの方向に伸びる軸）、 y が瞳の縦軸（瞳の中心を通り縦パターンの方向に伸びる、前記瞳の横軸に垂直な軸）、そして2a、2b、2c、2dが有効光源の各部分を示す。

【0026】ここで示す二つの実施例の有効光源は主として4つの部分より成る分布を持っている。そして個々の部分（光パターン）の分布は円形であり、瞳1の半径を1.0、瞳中心を座標原点、 xy 軸を直交座標軸とした時、第3図（A）の例では、各部分2a、2b、2c、2dの中心が夫々 $(0.45, 0.45)$ 、 $(-0.45, 0.45)$ 、 $(-0.45, -0.45)$ 、 $(0.45, -0.45)$ の位置にあり、各部分の半径は0.2である。又、第3図（A）の例では、各部分2a、2b、2c、2dの中心が夫々 $(0.34, 0.34)$ 、 $(-0.34, 0.34)$ 、 $(-0.34, -0.34)$ 、 $(0.34, -0.34)$ の位置にあり、各部分の半径は0.25である。

【0027】本実施例の有効光源は、このように瞳面に設定した xy 軸により4つの象限に分けた時、一つ一つの部分2a、2b、2c、2dが夫々対応する象限に形成され、互いに重なり合うことなく互に対称な関係に

且つ独立に存在することを特徴としている。この場合各象限を分ける軸である x 軸と y 軸は、例えば集積回路パターンが設計されるときに用いられる x 軸、 y 軸の方向と合致し、夫々マスクの縦横パターンが延びる方向である。

【0028】本実施例における有効光源の形状は、その像が投影される微細パターンの縦横パターンの方向性に着目し決定したものであり、4つの円形の部分2a、2b、2c、2dの中心が丁度 $\pm 45^\circ$ 方向（ x 軸及び y 軸に対し $\pm 45^\circ$ を成し瞳1の中心を通過する一対の軸が延びる方向）に存在していることが特徴である。このような有効光源を発生させるためには、4個の照明光束を、互いに同じ入射角で、一組づつ互いに直交する入射平面に沿って、微細パターンへ斜入射させる。

【0029】又、有効光源の4つの部分2a、2b、2c、2dの強度が互いに等しいことが重要で、この比が狂うと、例えば焼付が行なわれるウェハーがデフォーカスした時に回路パターン像が変形を受ける。従って、4個の照明光束の強度も互いに等しく設定される。この時、4つの部分2a、2b、2c、2dの各々の強度分布は、全体がピーク値を示す均一な強度分布を持つものであっても、中心にのみピークがあるような不均一な強度分布を持つものでも、適宜決めることができる。従って、4個の照明光束の形態も、瞳1に形成する有効光源の形態に応じて様々な形態が採られる。例えば、本実施例では、有効光源の4つの部分が互いに分離しており、各部分以外の場所に光パターンが生じていないが、有効光源の4つの部分が比較的強度が弱い光パターンを介して連続していてもいい。

【0030】又、有効光源の4つの部分2a、2b、2c、2dの分布（形状）は円形に限定されない。但し、4つの部分の中心はその形状に関係なくその強度分布の重心位置が、第3図（A）、（B）に示す実施例の如く、 xy 軸に関して $\pm 45^\circ$ 方向にあり、且つ互に対称であることが好ましい。

【0031】因に、より高解像を狙う、即ち $k1$ の値が小さい系を構成する際の最適有効光源の配置を探ろうとすると、第3図（B）から第3図（A）に目を移した時に感じる通り、各象限にある有効光源の各部分2a、2b、2c、2dの重心位置が瞳1の中心から離れ、これに伴って個々の象限にある独立した各部分2a、2b、2c、2dの径が小さくなる第3図（A）、（B）では二つの予想される有効光源の形態を示しているが、実際の設計においてもこの二つの形態に近い有効光源が使用されるであろう。というのは、有効光源の各部分の重心位置をあまり瞳1の中心から離れた位置に持っていくと、光学系の設計上の都合から、光量が少なくなったりするなどの弊害が生じてくるからである。

【0032】本件発明者の、この点を考慮した検討によれば、第3図に示す瞳1と座標を参照すると、第1及び

第3象限にある互いに分離された一対の部分2a、2cの形状を円形とし、半径をqとし、第1部分2a及び第2部分2cの中心位置(重心位置)の座標を夫々(p, p)、(-p, -p)とした時、以下の条件を満たすのがいいことが分かった。

【0033】 $0.25 < p < 0.6$

$0.15 < q < 0.3$

尚、他の第2及び第4象限の各部分2b、2dの大きさ、位置についても、それらの第1及び第3象限の各部分2a、2cに対する対称性より自ら定まる。又、有効光源の各部分が円形でない、例えば3角形、4角形の場合でもここに示した条件の領域内に入っていることが好ましい。この時qは、各部分に外接する円の半径を用いる。第3図(A)、(B)に示した実施例は、この条件中の中心付近の値を持つものである。p、qの値は、使用する光学系(照明系/投影系)にどの程度の線幅の微細パターンの投影を要求するかによって異なる。

【0034】今まで使用されてきたステッパーでは、露1の中心(x, y) = (0, 0)に有効光源のピークが存在していた。この装置で、コヒーレンスファクターσ値が0.3とか0.5とか言われるのは、露1の中心を中心として半径がそれぞれ0.3、0.5の稠密の有効光源分布を持っていることを意味している。本件発明者の解析によると、露中心に近い位置にある有効光源、例えばσ値で0.1以下の範囲の場合は、デフォーカスが生じた時、主として粗い線巾、前述のk1ファクターが1以上の線巾、でのコントラストを高く保つことに効果があるが、このデフォーカス時の効果はk1ファクターが0.5に近づくにつれて急速に悪化する。そして、k1ファクターが0.5を越えると、極端な場合には像のコントラストが全く失われてしまう。現在要求されているのは、k1ファクター0.6以下でのデフォーカス性能の向上であり、k1ファクターがこの付近については、露中心近傍の有効光源の存在は、結像に関して悪影響を与える。

【0035】これに対し第1実施例で示した有効光源はk1ファクターの値が小さく、k1ファクター0.5付近の結像を行なう際のデフォーカス時のコントラストを高く保つことに効果がある。第3図(A)の例は第3図(B)の例よりより外側に有効光源の各部分2a、2b、2c、2dが存在している為、第3図(B)より高周波特性が優れている。尚、有効光源の露中心から離れている部分でのデフォーカス特性は、k1ファクターで1前後まで、焦点深度がほぼ一定の水準を保つという特性を持っている。

【0036】第4図は第3図(B)の形態をNA0.5の投影レンズ系を持つ1線ステッパーに適用した時の解像力と焦点深度の関係を、光学像のコントラスト70%を満たす範囲内のデフォーカスは焦点深度内(許容値)として計算した例である。図中、曲線Aは、通常のレチクルに対する従来法(σ=0.5)での解像力と焦点深度の関

係、曲線Bが第3図(B)の場合の解像力と焦点深度の関係を示す。ステッパーの実用的に許容できる焦点深度の限界を1.5μmに設定すると、従来法での解像力の限界は0.52μmであるのに対し、第3図(B)の場合には、ほぼ0.4μmまで解像力が改善されている。これは比にして約30%の改善であり、この分野では非常に大きなものである。又、実効的にはk1ファクターで0.45程度の解像力までは容易に達成できる。

【0037】尚、本発明の、露中心に有効光源を形成しないリング照明法との相違点は、露1において、微細パターンの縦横パターンの方向に相当するx軸及びy軸上には有効光源のピークが存在していないことである。これは、x及びy軸上に有効光源のピークを配置すると、像のコントラストの落ちが大きく、大きな焦点深度を得ることができないからである。従って、主として縦横パターンで構成される微細パターンの像投影に関して、本発明は、リング照明法よりも改善された像質の像を得ることを達成した。

【0038】又、本発明の有効光源の主たる各部分の光量(光強度)は均一にも、ガウシアン分布のように不均一にも、設定される。

【0039】第5図(A)、(B)、(C)は本発明の第2実施例を示す図であり、本発明の方法で微細パターンの像を投影する半導体製造用投影露光装置を示す。

【0040】図中、11は、その発光部が精円ミラーの第1焦点に設置される超高圧水銀灯、12は精円ミラー、14、21、25、27は折り曲げミラー、15は露光量制御用シャッター、105はフィールドレンズ、16は波長選択用干渉フィルター、17はクロスNDフィルター、18は所定の開口を備えた絞り部材、19は、その光入射面が精円ミラー12の第2焦点に設置されるオブチカルインテグレーター、20、22は第1結像レンズ系(20、22)の各レンズ、23はハーフミラー、24はレチクル上の照明領域を規制する矩形開口を備えるマスキングブレード、26、28は第2結像レンズ系(26、28)の各レンズ、30は最小線巾約2μm程度の主に縦横パターンで構成された集積回路パターンが形成されたレチクル、31はレチクル30の回路パターンを1/5に縮小投影する縮小投影レンズ系、32はレジストが塗布されたウエハー、33はウエハー32を吸着保持するウエハーチャック、34はウエハーチャック33を保持するXYステージ、35は中央に開口部35aを備える遮光膜が形成されたガラス板、36は上面に開口部を備えたケース、37はケース36内に設けた光電変換器、38はステージ34の移動量を計測する為の不図示のレーザー干渉計の一部を成すミラー、40は、ブレード24の受光面と光学的に等価な位置に置かれ、ブレード24と同様にインテグレーター19の各レンズから出射した光束がその上で互いに重なり合う、所定の開口を備える遮光板、41は遮光板40の開口か

らの光を集光する集光レンズ、42は4分割ディテクターを、示す。

【0041】この装置の特徴的な構成はインテグレーター19の前に置いたフィルター17及び絞り部材18である。絞り部材18は、第5図(B)に示すように、装置の光軸近傍の光を遮るリング状の開口を備えた、投影レンズ系31の瞳面での有効光源の大きさ及び形状を定める開口絞りであり、この開口の中心は装置の光軸と一致している。又、フィルター17は、第5図(C)に示すように、4個のNDフィルターを全体としてクロス状に成るよう配列したものであり、この4個のNDフィルターにより絞り部材18のリング状開口の4か所に入射する光の強度が10~100パーセント減衰せられる。この4か所とは、とりもなおさず、投影レンズ系31の瞳面の、レチクル30の縦横パターンの方に相当するxy軸上の4点を含む部分に対応する場所であり、このフィルター17によって、投影レンズ系31の瞳面のxy軸上の有効光源の光強度が弱まるようにしている。

【0042】レチクル30は不図示のレチクルステージに保持されている。そして、投影レンズ系31はフィルター16により選択された1線(波長365nm)の光に対して設計されている。又、第1及び第2結像レンズ系(20、22、26、28)はインテグレーター19の光出射面と投影レンズ系31の瞳面とが互いに共役になるよう設定され、第2結像レンズ系(26、28)はブレード24の開口部のエッジとレチクル30の回路パターン部とが互いに共役になるよう設定されている。尚、ブレード24は、レチクル30上の集積回路パターンの大きさに応じて開口部の大きさを調整できるように、通常、4枚の夫々独立に可動なナイフエッジ状の先端を持つ遮光板で構成され、不図示の装置全体の制御を行うコンピューターの指令によって各遮光板の位置が制御され、開口部の大きさが使用するレチクル30に最適化される。

【0043】ハーフミラー23はインテグレーター19からの光束の一部を反射するミラーで、ミラー23で反射した光は、遮光板40の開口を介してレンズ41に入射し、レンズ41により4分割ディテクター42上に集光される。4分割ディテクターの42の受光面は投影レンズ系31の瞳面と光学的に等価になるよう設定されており、この受光面上に絞り部材18で形成したリング状の有効光源を投影する。4分割ディテクター42は、個々のディテクター毎に各受光面に到達した光の強度に応じた信号を出力し、4分割ディテクター42からの各出力信号を加算することによりシャッター15の開閉制御の為の総算信号を得る。

【0044】XYステージ34上の部材35~37は、レチクル30の上方の照明系の性能チェック用の測定ユニットであり、XYステージ34は照明系のチェックを

行う際所定の位置に移動し、この測定ユニットを投影レンズ系31の真下に持つてくる。この測定ユニットで、ガラス板35の開口部35a及びケース36の開口部を介して、照明系を出て投影レンズ系31の像面に達した光を光電変換器37へ導く。開口部35aの受光面は投影レンズ系31像面位置にあり、必要であれば不図示の焦点検出系(ウエハ32の表面の高さを検出する周知のセンサー)とXYステージ34に内蔵された測定ユニット駆動系とを用い、開口部35の装置の光軸方向の高さが調整される。ガラス板35はケース36に取り付けられており、ケース36は前述の通り中央に開口部が開いているが、ここでは、このケース36の開口部がガラス板35の開口部と所定量だけずらせるように、測定ユニットが組まれている。ケース36の開口部が置かれる位置は投影レンズ系31の像面側のNAの大きい場所でも且つ像面から十分離れている。従ってケース36の開口部の受光面では、投影レンズ系31の瞳面での光分布がそのまま現れる。本実施例では、この測定ユニットは使用しない。従って、この測定ユニットの使用法の説明は後の実施例で説明する。

【0045】本実施例では、フィルター17と絞り部材18の作用により、投影レンズ系31の瞳面に、全体としてリング状を成しレチクル30の縦横パターンの方に相当するxy軸上の4点を含む部分の強度が他の部分よりも低い有効光源を形成しつつ、照明系(11、12、14、15、105、16、17、18、19、20、21、22、23、24、25、26、27、28)により、レチクル30の回路パターンを均一な照度で照明し、投影レンズ系31により回路パターン像をウエハ32上に投影して、ウエハ32のレジストに回路パターン像を転写している。このような投影露光による効果は先に第3図及び第4図を使って説明した通りであり、ウエハ32のレジストに、1線で、安定して、鮮明な0.4umの微細パターンを記録できる。

【0046】又、ここでは、フィルター17と絞り部材18をインテグレーター19の前に置いているが、フィルター17と絞り部材18をインテグレーター19の直後に置いてもいい。又、後述する第3実施例で使用する第6図(B)に示す絞り部材18を、フィルター17と絞り部材18より成る系の代わりに使用してもいい。第6図(A)、(B)は本発明の第3実施例を示す図であり、本発明の方法で微細パターンの像を投影する半導体製造用投影露光装置の他の例を示す。

【0047】図中、第5図で示した部材と同じ部材又は同じ機能を持つ部材には、第5図で付した番号と同じ番号を付している。従って、第5図の装置と本実施例の装置を比較すると、本実施例の構成で第5図の装置と異なっている点は、第6図(B)に示すように絞り部材18の開口部が4個の独立した開口より成る点、クロスNDフィルターの代わりに部材18の各独立開口に対応させ

て4個の独立なフィルター17a、17b、17c、17dを設けている点、更にミラー12とミラー14の間に4角錐プリズム13を挿入している点である。

【0048】又、本実施例では、4分割ディテクター42からの出力をシャッター15の開閉制御以外の用途にも使用し、測定ユニット(35-37)も使用する。

【0049】以下、前記実施例との相違点を重点的に説明しながら、本実施例の作用効果を述べる。

【0050】4角錐プリズム13、フィルター17a、17b、17c、17d及び絞り部材18を置かない状態で、水銀灯11からの光によりインテグレーター19を照明すると、インテグレーター19の光射出面を中心に高いピークを持つガウシアン分布に似た光量分布の2次光源が生じてしまう。インテグレーター19の光射出面は投影レンズ系31の瞳面と共役であるから、この瞳面には、瞳中心に光量分布のピークを持つ有効光源ができる。既に説明した様に、本発明で用いる有効光源は瞳中心でピークを示さない光量分布を持つものであるから、前記実施例の如くインテグレーター19の中心部付近に入射する光を遮る必要がある。しかしながら、絞り部材18を単にインテグレーター19の前に置いた場合、水銀灯11からの光の大部分をけてしまい、光量損失が大きくなる。そこで、本実施例では、楕円ミラー12の直後に四角錐プリズム13を挿入して、オプティカルインテグレーター19上での照度分布をコントロールする。

【0051】水銀灯11は、その発光部が楕円ミラー12の第1焦点位置と一致するように置かれており、水銀灯11から発し楕円ミラー12で反射した光は、四角錐プリズム13により相異なる方向に偏向された4本の光束に変換される。この4本の光束はミラー14で反射されシャッター15の位置に到達する。そして、シャッター15が開いていれば、そのままフィルター16に入射し、フィルター16により、レチクル30の像をウェハー32上のレジスト(感光層)に投影する投影レンズ系31が最も良い性能を発揮できる様に、水銀灯11の発光スペクトルから1線が選択される。

【0052】フィルター16からの4本の光束は、夫々、フィールドレンズ105を通過した後、本実施例の重要な要素であるフィルター17a、17b、17c、17dに入射する。この4個のフィルターは、4本の光束の光量が互いにほぼ同じになるようにし、これによりインテグレーター19の光射出面及び投影レンズ系31の瞳面に形成する有効光源の4個の部分間の光量の対称性を補正する補正部材である。各フィルターの光量減衰作用を調節する場合には、各フィルター毎に数種類のNDフィルターを用意しておきNDフィルターを切り換えて調節してもいいし、各フィルターを干渉フィルターで構成し、この干渉フィルターの狭帯域性を利用し、この干渉フィルターを傾けることにより調節してもいい。

【0053】絞り部材18は、フィルター17a、17

b、17c、17dからの4本の光束を受ける。この絞り部材18は、第6図(B)に示すように4個の円形開口を備えており、4個の円形開口の夫々と、フィルター17a、17b、17c、17dからの4本の光束とが、一対一に対応する。そして、絞り部材18の4個の開口からの光でインテグレーター19が照明され、インテグレーター19の光射出面及び投影レンズ系31の瞳面に、絞り部材18の開口に対応する、第3図(A)で示した有効光源が形成される。

【0054】通常、絞り部材18の開口形状は、インテグレーター19を構成する各微小レンズの外形に対応した形状に設定される。従って、各微小レンズの断面が六角形である場合には、開口形状も微小レンズの六角形に沿った形にする。

【0055】インテグレーター19からの光は、レンズ20、ミラー21、レンズ22、ハーフミラー23を介してブレード24に向けられる。この時、前述した様に、インテグレーター19の各レンズからの光束がブレード24上で互いに重なり、ブレード24が均一な照度で照明される。又、ハーフミラー23は、インテグレーター19の各レンズからの光束の一部分づつを反射して、反射光により遮光板40を照明する。遮光板40の開口部からの光がレンズ41により4分割ディテクター42上に集光される。

【0056】ブレード24の開口部を通過した光は、ミラー25、レンズ26、ミラー27及びレンズ28によりレチクル30に向けられる。ブレード24の開口部とレチクル30の回路パターン部とは互いに共役であるから、インテグレーター19の各レンズからの光束がレチクル30上でも重なり合い、レチクル30を均一な照度で照明する。そして、レチクル30の回路パターンの像が、投影レンズ系31により投影される。

【0057】4分割ディテクター42の各ディテクターは、第3図(A)に示す如き有効光源の互いに分離した4つの部分の夫々に対応しており、各部分の光量を独立に検出できる。各ディテクターの出力を加え合わせればシャッター15の開閉制御を行うことができるのは、前述した通りである。一方、各ディテクターの出力を互いに比較することによって有効光源の個々の部分の光量の割合がアンバランスになっていないかどうかのチェックを行う。この時、4分割ディテクター42の各ディテクター相互のキャリブレーションを行うことがチェックの際の信頼性を高めることに通じる。このキャリブレーションについては後述する。

【0058】装置の瞳面に形成される有効光源の形状はインテグレーター19の形状に対応したものになる。インテグレーター19自体は微小なレンズの集まりであるが、有効光源の光量分布を細かく見ると、個々の微小レンズの形状に対応した離散的なものとなっているが、マクロな観点で見れば第3図(A)に示す光量分布が実現

されている。

【0059】本実施例では光量モニター（23、40～42）と測定ユニット（35～37）を用いて有効光源の光量分布のチェックを行う。この為に、XYステージ34を動かして測定ユニット（35～37）を投影レンズ系31の真下に持ってくる。この測定ユニットで、ガラス板35の開口部35a及びケース36の開口部を介して、照明系を出て投影レンズ系31の像面に達した光を光電変換器37へ導く。開口部35aの受光面は投影レンズ系31の像面位置に設定されている。ガラス板35はケース36に取り取り付けられており、ケース36は前述の通り中央に開口部が開いているが、ここでは、このケース36の開口部がガラス板35の開口部と所定量だけずらせるように、測定ユニットが組まれている。本実施例の照明系により照明を行った場合、ケース36の上面では、第3図（A）に示す有効光源の4つの部分が分離して現れる。ケース36の開口は、ブレード24の開口部と同じように形状及び大きさが変更可能にでき、不図示の駆動系に開口の大きさを変えることにより、有効光源の4つの部分を個別に検出することと、有効光源の4つの部分を一度に検出することができる。一方、光電変換器37はガラス板35の開口35aを通過する光束を全て受光し得る面積の受光部を持っている。尚、光電変換器37の受光部の面積が大きくなりすぎて電気系の応答特性が劣化する場合には、ガラス板35と光電変換器37の間に集光レンズを入れ、このレンズによりガラス板35の開口35aからの光束を集光し、光電変換器37の受光部の面積を小さくして応答特性を改善することができる。又、ケース36の開口を有効光源の4つの部分を一度に検出することができるよう

に設定している状態で、XYステージ34を像面に沿って動かすことにより、像面照度の均一性を測ることもできる。

【0060】ケース36の開口を動かして有効光源の各部分の光量（強度）を測った結果は、照明系側にある4分割ディテクター42の対応するディテクターの出力との比較が行われる。つまり、XYステージ34側にある光電変換器37を参照ディテクターとして使用し、4分割ディテクター42の出力をキャリブレーションできるため、安定した状態で有効光源の経時変化をモニターしていくことができる。そして4分割ディテクター42又は光電変換器37によって有効光源の各部分間の光量のアンバランスを検出し、その結果に基づいて、フィルタ17a、17b、17c、17dが、有効光源の各部分の光量のマッチングが図られるよう調整される。

【0061】本実施例では、第6図（B）の絞り部材18の作用により、投影レンズ系31の瞳面に、第3図（A）に示す、レチクル30の縦横パターンの方に相当するxy軸上及び瞳中心（光軸）上に光量分布のピークを持たない有効光源を形成しつつ、照明系（11、1

2、13、14、15、16、17、18、19、20、21、22、23、24、25、26、27、28）により、レチクル30の回路パターンを均一な照度で照明し、投影レンズ系31により回路パターン像をウエハー32上に投影して、ウエハー32のレジストに回路パターン像を転写している。このような投影露光による効果は先に第3図及び第4図を使って説明した通りであり、ウエハー32のレジストに、1線で、安定して、大きな焦点深度で、鮮明な0.4μmの微細パターンを記録できる。

【0062】第7図は本発明の第4実施例を示す図であり、第6図の半導体製造用投影露光装置の改良例を示す部分的概略図である。従って、第7図では、第6図の実施例と同じ部材については第6図と全く同じ番号が付けられている。

【0063】図中、11は超高圧水銀灯、12は楕円ミラーである。ここでは楕円ミラー12から出た光をビームスプリッター群（51、53）で分割している。第3図（A）に示す4つの部分を持つ有効光源を形成する為に、楕円ミラー12から出た光を第1ビームスプリッター51、第2ビームスプリッター53で順次分割している。52は光路の折り曲げミラーである。第2ビームスプリッター53は第1ビームスプリッター51で分割された2本の光束の双方の光路にまたがって斜設されており、紙面に沿って進行する2本の光束を夫々分割し、夫々の光束の一部を紙面と垂直方向に曲げる。夫々の光束の他の部分は図示する通り紙面に沿って進む。又、第2ビームスプリッター53から前記一部の光束を反射して前記他の部分の光路と平行な別な光路に向ける。こうしてビームスプリッター群（51、53）及びミラー52と不図示のミラー光学系とにより4つに分けられた光路は、インテグレーター19の光出射面で第3図（A）に示すような光分布の2次光源を作るよう結合される。これにより、投影レンズ系31の瞳面に第3図（A）に示す有効光源が形成される。

【0064】紙面内にある分割された2つの光路には、夫々、リレーレンズ61a、61bが置かれ、このリレーレンズ61a、61bの作用で、各光路を進む光がインテグレーター19上に集光せしめられる。第1ビームスプリッターの挿入の結果、両光路の光路長が互いに異なる為、リレーレンズ61a、61bの構成及び焦点距離は互いに少しずつ異なっている。これは紙面内になく、一対の光路に置かれる不図示の一対のリレーレンズについても同様である。

【0065】63はビームスプリッター群（51、53）により得た4本の光束の夫々について開閉制御ができるシャッター、16a、16bは紙面内にある分割された2つの光路に置いた波長選択フィルターで、紙面外の他の2つの光路の夫々にも同様のフィルターが置かれ

る。これらのフィルターは、前記実施例のフィルター16と同様、水銀灯11からの光から1線を取り出す。17a、17bが、紙面内にある分割された2つの光路に置いた、有効光源の各部分の光量を調整する為のフィルターであり、紙面外の他の2つの光路の夫々にも同様のフィルターが置かれる。そして、これらのフィルターの機能は前記実施例のフィルター17a、17b、17c、17dと同様の機能を持つ。

【0066】又、本実施例では、インテグレーターに至る光路を空間的に4つ分割した為、インテグレーターを4個の小型インテグレーターの集合により構成した。光路の重なり具合の関係から、ここではインテグレーター19a、19bのみを図示している。インテグレーター以降の構成は前記実施例と同じなので、これ以上の説明は省略する。

【0067】第8図は本発明の第5実施例を示す図であり、本発明の方法で微細パターンの像を投影する半導体製造用投影露光装置の、更に他の例を示す部分的概略図である。

【0068】本実施例の装置は、有効光源の位置を時間的に移動させることにより等価的に第3図(A)に示すような有効光源を露面上に形成しながら回路パターン像を投影露光する。第8図では前記各実施例と同じ部材については前記各実施例と同じ番号が付けられている。従って、図中、11は超高圧水銀灯、12楕円ミラー、14は折り曲げミラー、15はシャッター、16は波長選択用干渉フィルター、19がオプティカルインテグレーターを示し、不図示の、投影レンズ系31以降の系は前記各実施例のものと同一である。

【0069】本実施例の特徴的な構成は、インテグレーター19の後ろに時間的に動く平行平板71を置いたことにある。平行平板71は照明光学系の光軸に対して斜めに配置されており、図示する通り光軸に対する傾角が変化するように揺動して光軸をずらす役割を行う。従って、レチクル30側から、平行平板71を通してインテグレーター19を観察すると、平行平板71の揺動に伴ってインテグレーター19が上下又は左右に移動する様に見える。ここでは平行平板71が光軸を中心にした回転運動もできるように平行平板を支持しているため、平行平板71を光軸に対して所定角度傾けた状態で回転させることにより、投影レンズ系31の露面上において、単一有効光源が光軸(露面中心)から離れたある半径の円周上の任意の位置に配置できることになる。そして実際の露光時には、平行平板71を動かして単一有効光源が所定の位置に来た時、平行平板71の姿勢が固定され、所定の時間露光が行われる。この動作を第3図(A)に示した有効光源の4個の部分の各々に単一有効光源ができるよう4回行なうことによって1つのショットの露光が完了する。

【0070】本実施例では、光源として水銀灯11を使

用しているが、光源がエキシマレーザーの様にパルス発光を行うようなものである時には、平行平板71の動きを連続的な動きとし、平行平板71が所定の位置に来た時に光源を発光させるといった、露光制御を行ってもいい。この時、光源としてエキシマレーザーを使用し、平行平板71の光軸回りの回転の周期をエキシマレーザーの発光の繰り返し周期とマッチングさせると都合が良い。例えば、レーザーが200Hzで発光しているとすると、1回の発光ごとに有効光源が隣の象限に移る様に平行平板71の回転数を制御すれば、効率の良い露光を行うことができる。

【0071】このように時間的に単一有効光源が移動する方式を採る場合、露上の幾つかの部分に形成される有効光源部が同一光源からの光エネルギーで作られる為、露面上で分離された有効光源部の強度を互いに常に同じに設定することが容易である。本実施例で前記各実施例にあるような有効光源光量補正用のフィルター17を置かなかったのは、この理由によっている。

【0072】さて、平行平板71を通過した光は、レンズ72、ハーフミラー73、レンズ74を介してレチクル30を均一照明する。本実施例では前記各実施例では置いていた第1結像光学系がない為に、前記各実施例のブレード24とは違うブレード78をレチクル30の近くに配置した。このブレード78は、ブレード24と構成及び機能が同じであり、レチクル30上に形成した回路パターンの大きさに応じてその開口部の大きさが可変である。

【0073】ミラー73は入射光の大部分を反射する一方、入射光の一部分を透過させて露光量制御用の光量モニターに光を導く。75はコンデンサレンズ、76はレチクル30と光学的に等価な位置にあるピンホール板で、ミラー73からの光がレンズ75によりピンホール板76に集光され、ピンホール板76のピンホールを通過した光がフォトディテクター77で受光され、フォトディテクター77から入射光の強度に応じた信号が出力される。装置の不図示のコンピューターは、この信号に基づいてシャッター15の開閉制御を行う。尚、本実施例では有効光源間の各部分の光量比をモニターする必要がないので、フォトディテクター77は特に4分割ディテクターである必要はない。

【0074】本実施例では、投影レンズ系31の露面に第3図(A)に示す有効光源を形成しつつ、レチクル30の回路パターンを均一な照度で照明し、投影レンズ系31により回路パターン像をウエハー上に投影して、ウエハーのレジストに回路パターン像を転写している。このような投影露光による効果は先に説明した通りであり、ウエハーのレジストに、安定して、鮮明な0.4μmの微細パターンを記録できる。

【0075】第9図は本発明の第6実施例を示す図であり、本発明の方法で微細パターンの像を投影する半導体

製造用投影露光装置の、更に他の例を示す部分的概略図である。

【0076】本実施例では光源としてKrFエキシマレーザー81（中心波長248.4nm、バンド幅0.003~0.005nm）を用いた場合の例を示している。エキシマレーザー81はパルス発光する為、シャッターを設けずにレーザー自身の駆動制御により露光制御を行うこと、及び、レーザー自身がフィルターを持ちレーザー光のバンド幅が狭帯域化されている為、波長選択用干渉フィルターを配置しないことが特徴となっている。ビームスプリッター群（51、53）、ミラー52、フィルター17及びインテグレート19の働きは、第7図に示した実施例と同じである。又、インテグレート19以降の系は第6図（A）のものと同じで、但不図示の投影レンズ系は、波長248.4nmに関して設計された、合成石英のみ主成分としたレンズアセンブリで構成されている。

【0077】エキシマレーザー81の場合、レーザー光のコヒーレンシーが高いので、スペックルパターンの発生を押さえる必要がある。この為、本実施例では、インコヒーレント化ユニット82が、ビームスプリッター群51~53で光が分離された後に置かれている。エキシマレーザーを用いた照明光学系のスペックル除去の方法については過去いろいろな手法が発表されているが、本発明の有効光源を作ることはそれらと本質的な矛盾はなく、公知の様々な手法が適用可能である。従って、ここではユニット82についての詳細は説明しない。

【0078】本実施例では、図示する光学系（17、19、51、52、53、82）の作用により不図示の投影レンズ系の瞳面に第3図（A）で示す有効光源を形成しつつ、レチクルの回路パターンを均一な照度で照明し、投影レンズ系により回路パターン像をウエハー上に投影して、ウエハーのレジストに回路パターン像を転写している。このような投影露光による効果は先に説明した通りであり、ウエハーのレジストに、安定して、鮮明な0.3~0.4μmの微細パターンを記録できる。

【0079】第10図は本発明の第7実施例を示す図であり、第9図に示した第6実施例を改良した装置を示す部分的概略図である。

【0080】本実施例は、レーザー81からのレーザー光を反射型4角錐プリズムで4個の光束に分離している。第6図の装置では透過型の4角錐プリズム13を用いて光束の分離をしていたが、同様のことは反射型でも行える。本発明の構成は、勿論、超高圧水銀灯を光源に用いても実現できるが、ここでは光源としてKrFエキシマレーザーを用いた例が示してある。レーザー81から出たレーザー光はアフォーカルコンバーター91で適切なビームサイズに拡大変換された後、4角錐プリズム92に入射する。4角錐プリズムの配置は、その4個の反射面が、結果として不図示の投影レンズ系の瞳位置に

第3図（B）のような有効光源を形成できる方向に向くよう設定する。93は4角錐プリズム92の各反射面で分割・反射された光を曲げるミラーであり、ミラー93以降の構成は第9図の装置と同じで、インテグレート19以降の系は第6図（A）のものと同じである。但不図示の投影レンズ系は、波長248.4nmに関して設計された、合成石英のみ主成分としたレンズアセンブリで構成されている。

【0081】本実施例でも、図示する光学系（17、19、91、92、93、82）の作用により不図示の投影レンズ系の瞳面に第3図（A）で示す有効光源を形成しつつ、レチクルの回路パターンを均一な照度で照明し、投影レンズ系により回路パターン像をウエハー上に投影して、ウエハーのレジストに回路パターン像を転写している。このような投影露光による効果は先に説明した通りであり、ウエハーのレジストに、安定して、鮮明な0.3~0.4μmの微細パターンを記録できる。

【0082】第11図は本発明の第8実施例を示す図であり、本発明の方法で微細パターンの像を投影する半導体製造用投影露光装置の、更に他の例を示す部分的概略図である。

【0083】本実施例ではファイバー束101を用いた照明系を示す。ファイバー束101の光入射面は超高圧水銀灯11の光が楕円ミラー12によって集光する位置に配置され、各ファイバーを介して光束が引き回されて、インテグレート19の光入射面に導かれている。ファイバー束101の超高圧水銀灯11と逆側の端、即ち光出射面は4つ束に分岐され、その一つ一つが第3図（A）の有効光源の各部分に対応している。各ファイバー束の出口には有効光源の各部分の光量を調整するフィルター17が配置されている。これ以降の光学系は第8図の実施例の構成がそのまま流用されている。但し、光量モニターのフォトディテクターに、各ファイバー束からの光の光量（2次光源の4個の部分及び有効光源の4個の部分）のバランスを測定する為、4分割ディテクター102が用いられている。4分割ディテクター102の個々のディテクターは、夫々、4個のインテグレート19の出口に対応している。

【0084】本実施例では、投影レンズ系31の瞳面に第3図（A）で示す有効光源を形成しつつ、レチクル30の回路パターンを均一な照度で照明し、投影レンズ系31により回路パターン像をウエハー上に投影して、ウエハーのレジストに回路パターン像を転写している。このような投影露光による効果は先に説明した通りであり、ウエハーのレジストに、安定して、鮮明な0.4μmの微細パターンを記録できる。

【0085】第12図は本発明の第9実施例を示す図であり、本発明の方法で微細パターンの像を投影する半導体製造用投影露光装置の、更に他の例を示す部分的概略図である。

【0086】本実施例では複数の光源を用いて照明系を構成している。ここでは、光源として超高圧水銀灯11a、11bを用いているが、光源としてエキシマレーザーを使用し、レーザー光学系即ち平行で発散角の少ないビームに対する光学系を組むことも可能である。

【0087】本実施例では、重なりのため図示されていないが、超高圧水銀灯を4個置いてあり、4個の超高圧水銀灯の夫々からの光束が凹レンズ103に入射して、凹レンズ103により統合されて、波長選択用干渉フィルター16、有効光源の各部分の光量を調整する4個のフ
10 ィルター17を介してインテグレーター19に到達する。インテグレーター19以降の光学系の構成は第11図の装置と同様で、投影レンズ系31の瞳面に第3図(A)に示す有効光源を形成する。従って、本実施例でも、投影レンズ系31により回路パターン像をウエハー上に投影して、ウエハーのレジストに回路パターン像を転写している。このような投影露光による効果は先に説明した通りであり、ウエハーのレジストに、安定して、鮮明な0.4μmの微細パターンを記録できる。

【0088】以上述べた半導体製造用投影露光装置では
20 瞳面での有効光源の配置を固定としてきた。しかしながら、実施例の最初の部分で述べた様に、有効光源の各部分の中心位置を表わすパラメーターpとその半径或はそれに外接する円の半径を表わすパラメーターq、又有効光源の各部分の形状は、投影露光の対象となる回路パターンの種類によって最適値が異なる。従って、例えば、各実施例の装置で有効光源の形状を表すパラメーターp、qを可変にする系を構成するといひ、例えば、各実施例の内絞り部材18を使用するものは、絞り部材18として開口形状が可変なものを使用したり、或は複数個
30 の互いに開口形状が異なるの絞りを用意しておくとする。

【0089】又、以上述べた装置は半導体製造用の装置であったが、本発明は集積回路パターン像を投影する場合に限定されない。即ち、本発明は、主として縦横パターンからなる微細パターンを持つ物品の像を光学系により投影する様々な場合に適用される。

【0090】又、以上述べた装置は、像投影用光学系としてレンズ系を使用するものであったが、本発明は、ミ
40 ラー系を使用する場合にも適用される。

【0091】又、以上述べた装置は、像投影に使用する光として、1線、波長248、4nmのレーザー光を用いていたが、本発明は波長の種類に関係なく適用される。従って、例えばg線(436nm)を露光波長とする半導体製造用投影露光装置にも適用されう。

【0092】

【発明の効果】以上、本発明では、像投影用光学系の瞳に予め決めた有効光源を形成してやることにより、空間周波数が非常に高い微細パターンの像を、位相シフトマスクを用いる場合と同様の分解能で且つ位相シフトマスクを用いる場合よりも簡単な手法で、投影できるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】微細パターン像の投影原理を示す説明図。

【図2】図2は瞳上での光分布を示す図で、Aは従来マスクを用いた時の瞳上での光分布を示す図。Bは位相シフトマスクを用いた時の瞳上での光分布を示す図。

【図3】図3は本発明の第1実施例を示す図で、Aは本発明の第1実施例の瞳上での有効光源の一例を示す説明図。Bは本発明の第1実施例の瞳上での有効光源の別の例を示す説明図。

【図4】図3Aの有効光源を形成する投影系と従来の投影系の周波数特性を示す図。

【図5】図5は本発明の第2実施例を示す図で、Aは本発明の第2実施例を示す投影露光装置の概略図。Bは本発明の第2実施例で用いる絞り部材の正面図。Cは本発明の第2実施例で用いるクロスフィルターの説明図。

【図6】図6は本発明の第3実施例を示す図で、Aは本発明の第3実施例を示す投影露光装置の概略図。Bは本発明の第3実施例で用いる絞り部材の正面図。

【図7】本発明の第4実施例を示す投影露光装置の部分的概略図。

【図8】本発明の第5実施例を示す投影露光装置の部分的概略図。

【図9】本発明の第6実施例を示す投影露光装置の部分的概略図。

【図10】本発明の第7実施例を示す投影露光装置の部分的概略図。

【図11】本発明の第8実施例を示す投影露光装置の部分的概略図。

【図12】本発明の第9実施例を示す投影露光装置の部分的概略図。

【符号の説明】

1 投影光学系の瞳

2a 有効光源

2b 有効光源

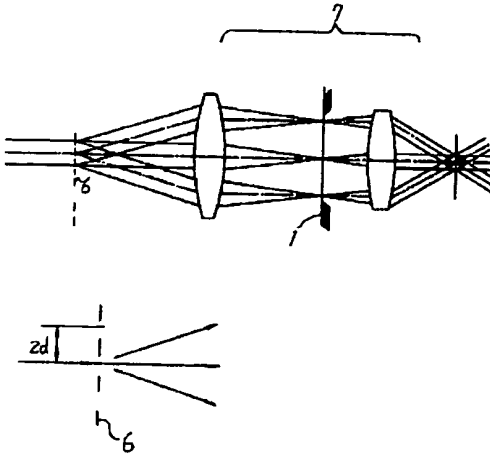
2c 有効光源

2d 有効光源

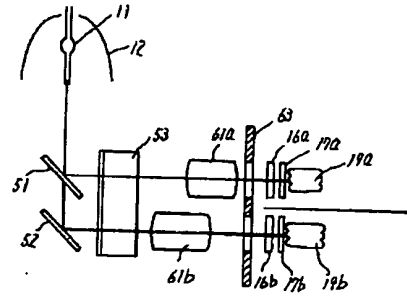
x 横パターンが延びる方向に沿う軸

y 縦パターンが延びる方向に沿う軸

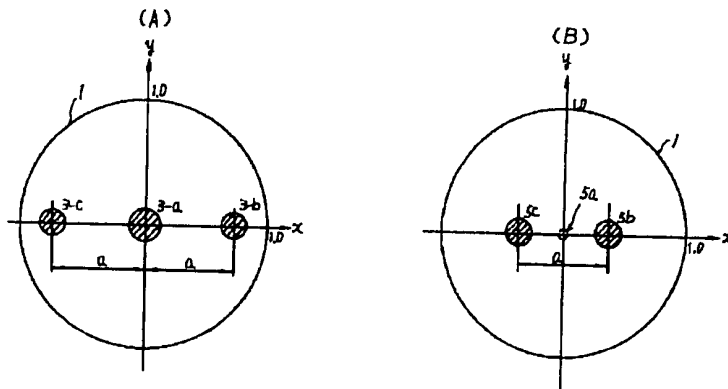
【図1】



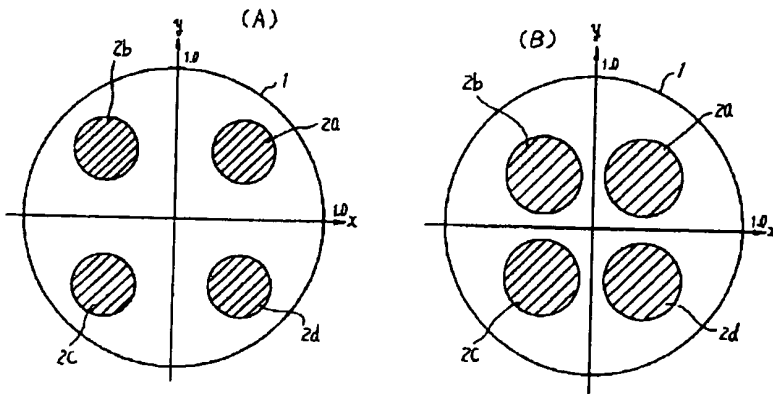
【図7】



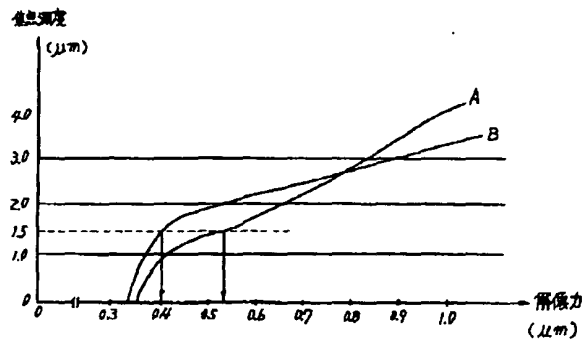
【図2】



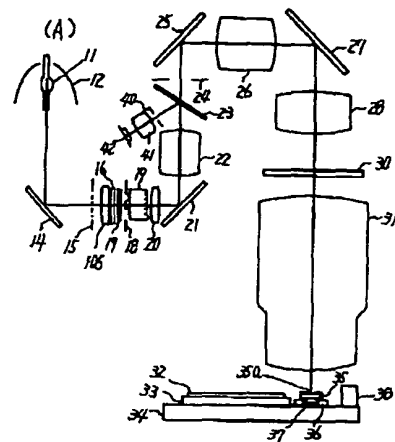
【図3】



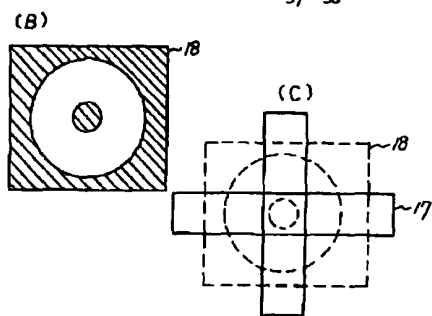
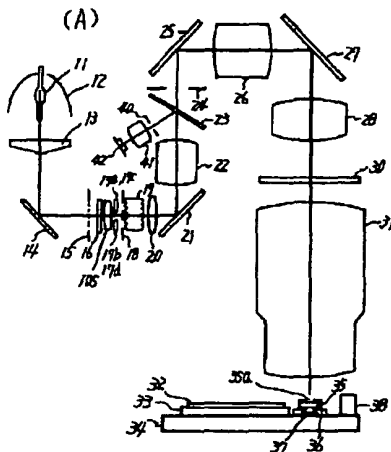
【図4】



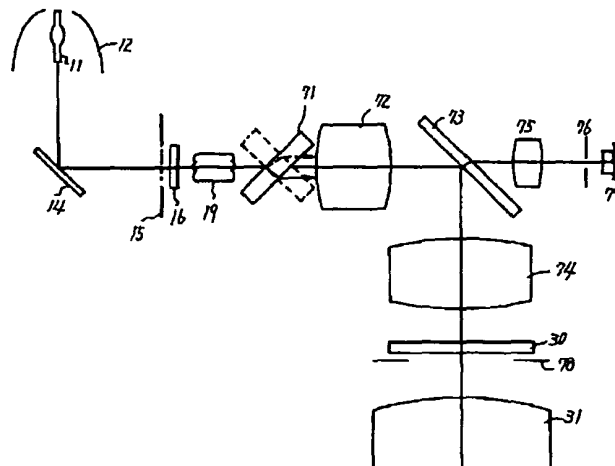
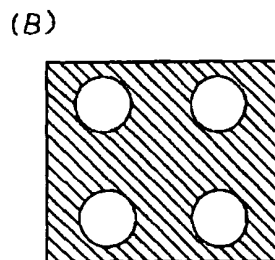
【図5】



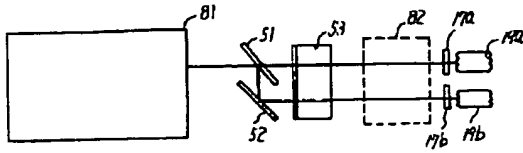
【図6】



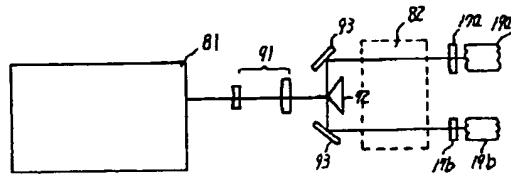
【図8】



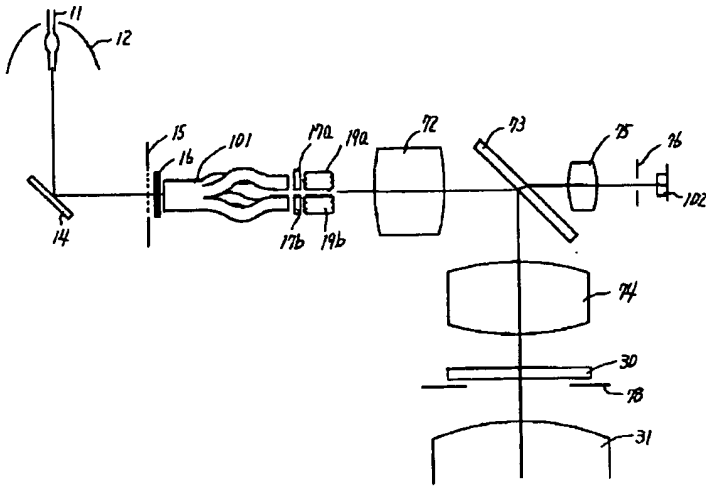
【図9】



【図10】



【図11】



【図12】

